

PENGARUH PENAMBAHAN SENG (Zn) TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA PADUAN TEMBAGA–SENG (Cu-Zn) MELALUI PROSES PENGECORAN

Gunawan P.S. Hutahaean dan Hosta Ardhyanta

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh

Nopember (ITS), Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia

E-mail: hutahaengunawan@gmail.com dan hostaa@mat-eng.its.ac.id

Abstrak- Tembaga banyak digunakan di industri. Tembaga memiliki kekuatan tarik yang tinggi hingga 390 Mpa (N/mm^2). Tembaga memiliki sifat termal dan konduktivitas listrik yang baik, mudah ditempa, dapat di daur ulang, dan tahan korosi. Seng merupakan salah satu logam yang dapat dipadukan dengan tembaga. Seng banyak digunakan untuk coating anoda, memproteksi baja dari korosi, dan pengecoran. Paduan tembaga dan seng adalah kuningan (Cu-Zn). Material kuningan memiliki sifat tahan korosi, kekuatan tinggi, kemampuan mesin yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan seng terhadap kekerasan dan struktur mikro paduan tembaga-seng dengan variasi penambahan seng sebesar 32, 34, 36, dan 38 persen berat (%) . Pengecoran dilakukan dengan meleburkan logam dalam tungku gas pada temperatur 1100°C dan waktu penahanan 1 jam. Setelah itu logam cair didinginkan di dalam tungku gas. Pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektroskopi dispersi energi sinar-X (EDS/EDX), difraksi sinar-X (XRD), pengujian sifat kekerasan, dan metalografi. Sifat kekerasan paduan Cu-Zn menunjukkan peningkatan seiring penambahan Seng. Pengamatan metalografi menunjukkan struktur mikro fasa alfa dan beta. Semakin bertambahnya seng maka ukuran butir alfa akan mengalami penurunan.

Kata kunci: Tembaga, Seng, Pengecoran, Sifat kekerasan, Struktur mikro.

I. PENDAHULUAN

Proses pengolahan bahan logam harus memperhatikan jenis-jenis dan sifatnya terutama pada proses pembentukan dan perilaku selama penggunaannya seperti, sifat mampu las, mampu bentuk, mampu dikerjakan dengan mesin, stabilitas listrik, ketahanan terhadap korosi, perbaikan dan perawatannya sehingga hasil pengolahan akan lebih berkualitas. Perkembangan teknologi yang sangat pesat dan maju menyebabkan kebutuhan logam di berbagai bidang meningkat pesat [1].

Salah satu logam non ferro yang banyak digunakan dalam konstruksi maupun permesinan adalah tembaga (Cu). Tembaga dan paduan tembaga merupakan salah satu kelompok utama logam komersial. Logam ini banyak digunakan karena konduktivitas listrik dan termal yang sangat

baik mereka, ketahanan yang luar biasa terhadap korosi, mudah difabrikasi, memiliki kekuatan yang baik, tahan terhadap lelah (*fatigue*), dan tidak bersifat magnetik. Logam tembaga dan paduannya memiliki ketahanan korosi yang tinggi sehingga banyak digunakan untuk membuat pipa, dan katup yang dialiri fluida [2].

Tembaga memiliki temperatur melting yang tinggi, selain itu harga tembaga relatif mahal, dan fluiditas rendah. Tembaga memiliki sifat yang ulet dan tahan korosi. Seng memiliki sifat fluiditas yang tinggi dan mampu cor yang baik. Oleh karena itu, studi akan membahas tentang pemaduan Cu-Zn untuk menghasilkan produk yang memiliki sifat mekanik yang lebih baik [3].

Manufaktur logam yang masih digunakan sampai saat ini adalah Pengecoran. Pengecoran adalah suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan untuk menghasilkan parts dengan bentuk yang mendekati bentuk geometri akhir produk jadi. Pengecoran logam merupakan proses awal yang paling penting dalam industri logam, teknologi pengecoranpun semakin menunjukkan perkembangan sesuai dengan kebutuhan industri logam itu sendiri dan proses pengecoran masih digunakan sampai sekarang untuk memperoleh bentuk logam sesuai dengan yang di minati [4].

Di dalam proses pengecoran logam dalam usaha untuk menghasilkan suatu produk benda coran yang berkualitas baik dengan komposisi yang dikehendaki maka ada beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu: bahan baku coran, komposisi bahan baku, kualitas pasir cetak (bila menggunakan cetakan pasir), sistem peleburan, sistem penuangan dan pengerjaan akhir dari produk coran [5].

Salah satu manufaktur logam yang banyak digunakan pada tembaga adalah pengecoran. Hasil peleburan logam tembaga dan seng disebut kuningan, yang memiliki kekuatan dan ketahanan korosi yang baik. Beberapa jenis kuningan yang sering ditemui di dunia industri adalah *yellow alpha brass* atau *cartridge alpha brass* yang memiliki kemampuan tarik yang tinggi. Salah satu bahan yang paling banyak dipakai dalam pembuatan komponen-komponen mesin adalah coran kuningan (CuZn). Kuningan lebih murah dari pada perunggu dan mampu cornya lebih baik dari perunggu. Coran kuningan dipakai untuk bagian-bagian pompa, bantalan, *propeller shaft* (poros propeler), peluru dan sebagainya [6].

Logam kuningan sendiri memiliki sifat yang tahan tarik yang tinggi, tahan korosi, tahan aus, ringan, dan harganya

ekonomis dan terjangkau. Sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan selongsong peluru. Kuningan juga memiliki sifat yang mampu tempa dan ketika diberikan hot working akan meningkatkan sifat mekaniknya [7].

Salah satu aplikasi kuningan adalah *proppeler shaft* (poros propeller). Poros propeller berfungsi untuk memindahkan atau meneruskan tenaga dari transmisi ke difrential. Material yang digunakan untuk menjadi poros dibutuhkan kekuatan yg tinggi. Pembuatan poros propeller dapat dilakukan dengan pengecoran logam kuningan. Sifat kuningan yang keras, tahan korosi, dan kekuatan tarik yang tinggi inilah yang menjadi latar belakang untuk pembuatan poros propeller [7].

II. METODOLOGI PENELITIAN

Tembaga dengan kadar 95% sebagai logam utama dalam penelitian ini diperoleh dari UD. Sutindo Sejahtera dalam bentuk silinder pejal, sedangkan seng diperoleh di pasaran dalam bentuk ingot.

Variasi persen berat unsur pepadu yaitu 0, 32, 34, 36, dan 38% seng (Zn). Pembuatan spesimen dilakukan dengan meletakkan bahan di dalam krus keramik, memasukkan ke dalam tungku gas dan dileburkan pada temperatur 1100 °C dengan holding time 60 menit. Pengadukan dilakukan saat logam telah cair, bertujuan untuk meningkatkan homogenitas paduan. Pendinginan dilakukan di dalam tungku sehingga paduan membeku di dalam krus. Pembongkaran hasil coran dilakukan setelah temperatur kamar tercapai dan melakukan pemotongan hasil coran untuk kemudian dijadikan spesimen uji.

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi uji komposisi, uji XRD, uji kekerasan, dan uji metalografi.

A. Pengujian Komposisi Kimia Coran

Pengujian komposisi paduan hasil coran bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia hasil coran terutama Tembaga setelah penambahan Seng. Preparasi spesimen dilakukan dengan memotong hasil coran sesuai ukuran holder pada EDX dan meratakan permukaan spesimen.

B. Pengujian XRD

Pengujian XRD dilakukan dengan mengambil sampel hasil coran berupa padatan dari setiap penambahan komposisi seng, kemudian diletakkan di sebuah *holder* untuk selanjutnya diuji dengan menggunakan alat *PAN Analytical*. Pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi hasil coran tembaga (Cu) tanpa penambahan seng (Zn) terhadap hasil pengujian difraksi sinar-X (XRD). Pengujian dilakukan dengan sinar-X menggunakan *Range* sudut 10° - 90° dan menggunakan panjang gelombang $\text{CuK}\alpha$ sebesar 1.54060 Å.

Identifikasi fasa hasil pengujian XRD pada penelitian ini melalui *search match* dengan *Software X'pert Graphic & Identity* serta dengan pencocokan manual dengan kartu PDF dari software PCPDFWIN untuk puncak-puncak yang teridentifikasi saat *search match* dengan sebelumnya mengidentifikasi unsur-unsur atau senyawa yang dapat muncul setelah proses peleburan.

C. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan Rockwell dilakukan sesuai dengan standar ASTM E18. Diameter indenter yang digunakan sebesar 1/16-in (1.588-mm). Dengan pembebanan sebesar 100 kgf. Pengujian dilakukan dengan memberikan 5 indentasi pada setiap 1 spesimen sehingga didapat 5 nilai kekerasan HRB pada setiap spesimen, kemudian menghitung rata-rata nilai kekerasan HRB untuk setiap spesimen.

D. Pengujian Metalografi

Pengujian metalografi dilakukan dengan menghaluskan permukaan spesimen dengan kertas abrasif SiC mulai dari grade 80 hingga 2000 dan memoles dengan alumina. Penentuan etsa dilakukan sesuai standar ASTM E 407. Larutan etsa yang digunakan adalah campuran antara larutan NH_4OH (*Ammonium hydroxide*) sebanyak 20 mL, 20 mL H_2O , dan 10 mL H_2O_2 (*Hydrogen Peroxide*) (3%). Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop Olympus BX51M di Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS yang terintegrasi dengan satu set *personal computer*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Komposisi Kimia Coran

Komposisi kimia hasil coran ditunjukkan pada Tabel 1 yang didapat dari hasil pengujian EDX. Komposisi tembaga mengalami peningkatan pada penambahan 32% Zn, 36% Zn, dan 38 % Zn, sedangkan seng mengalami penurunan. Pada komposisi 34 % Zn komposisi tembaga mengalami penurunan.

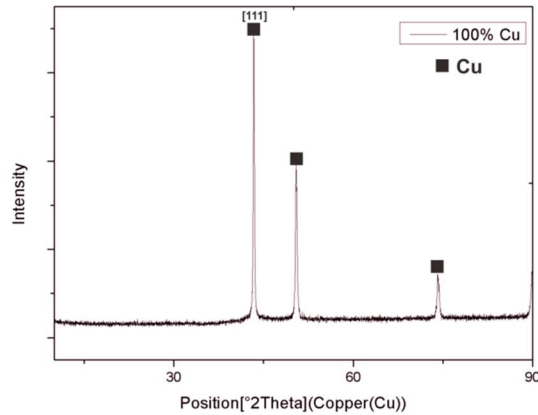
Presentasi tembaga dan penurunan seng yang tidak sesuai dengan komposisi *feeding* (awal), hal ini disebabkan karena tembaga memiliki stabilitas termal yang tinggi, sedangkan seng memiliki stabilitas termal yang rendah sehingga ketika berada dalam temperatur yang cukup tinggi akan mengalami penguapan.

Tabel 1
Komposisi Kimia Coran (Cu-Zn)

Material	Unsur			
	Cu	Zn	O	C
Cu - 0% Zn	94,48	0	5,52	0
Cu - 32% Zn	87,47	8,46	4,07	0
Cu - 34% Zn	56,46	6,44	6,09	31,01
Cu - 36% Zn	84,79	8,47	6,74	0
Cu - 38% Zn	81,84	8,53	9,63	0

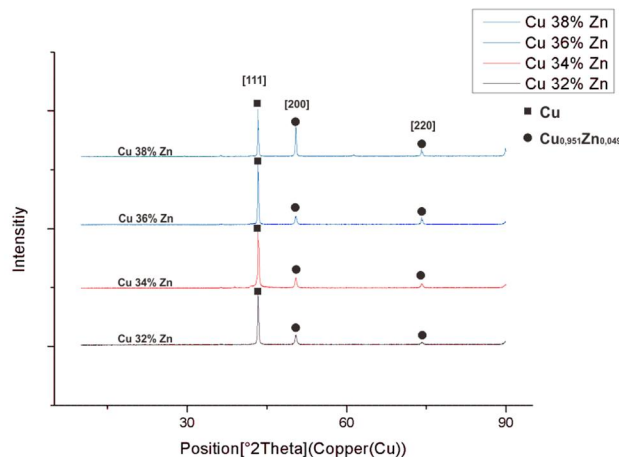
B. Pengujian XRD

Dari hasil XRD Tembaga tanpa penambahan seng pada Gambar 1 menunjukkan bahwa hanya terbentuk Cu alfa (FCC). Intensitas Cu yang tinggi menunjukkan fasa alfa terbentuk dan tersebar merata. Ketiga peak tertinggi pada hasil XRD Cu 0 % Zn dimiliki oleh Cu dengan posisi puncak tertinggi berada pada 2 theta 43.3341 dan memiliki bidang kristal (111).



Gambar 1 Pola XRD Paduan Coran Cu Tanpa Penambahan Zn

Kemudian pada logam tembaga ditambahkan seng dengan komposisi 32%, 34%, 36%, dan 38% Seng. Paduan ini menghasilkan *peak* seperti pada Gambar 2. Pada Gambar 2 menunjukkan perubahan tinggi *peak* setelah adanya penambahan komposisi seng. Puncak *peak* tertinggi dapat diidentifikasi menjadi fasa Cu alfa (FCC) pada posisi 2 theta 43,3341. Pada posisi 2 theta 50,4251(200) dan 74,1028 (220) terbentuk senyawa $\text{Cu}_{0,951}\text{Zn}_{0,049}$.



Gambar 2 Pola XRD Paduan Coran Cu (a) 32 wt% Zn (b) 34 wt% Zn (c) 36 wt% Zn (d) 38 wt% Zn

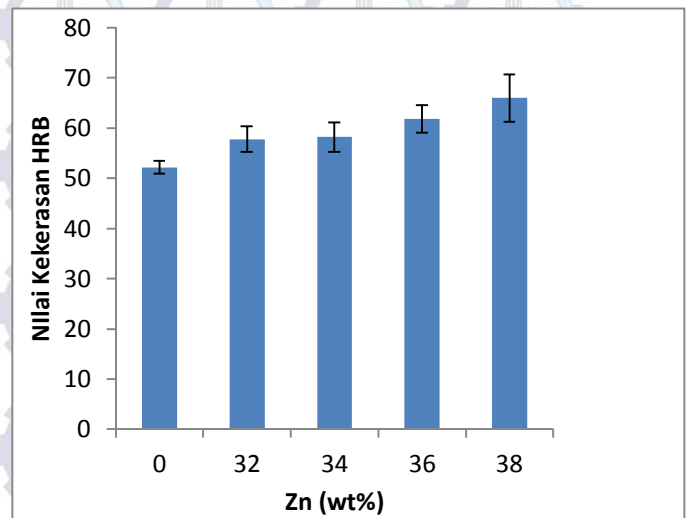
C. Hasil Uji Kekerasan

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan kedalaman indentasi pada spesimen uji semakin mengecil seiring bertambahnya prosentase seng dalam paduan. Hal ini menyebabkan nilai kekerasan HRB semakin meningkat dengan bertambahnya kadar seng dalam paduan Cu-Zn.

Tabel 2
Nilai Kekerasan HRB

Material	Nilai Kekerasan HRB
Cu - 0% Zn	$52,2 \pm 1,3$
Cu - 32% Zn	$57,8 \pm 2,59$
Cu - 34% Zn	$58,2 \pm 2,95$
Cu - 36% Zn	$61,8 \pm 2,77$
Cu - 38% Zn	$66 \pm 4,69$

Nilai kekerasan yang didapatkan pada 5 titik untuk setiap spesimen memiliki perbedaan hal itu disebabkan karena permukaan spesimen uji yang kurang rata sehingga terbentuk deviasi pada nilai kekerasan. Hasil pengukuran deviasi ini menjadi acuan range nilai kekerasan pada setiap spesimen uji.



Gambar 3 Nilai Kekerasan HRB

Hasil nilai kekerasan HRB meningkat dengan bertambahnya persentase seng dalam paduan, hal ini terjadi ketika mulai terbentuk fase beta dan fasa alfa mengalami penurunan. Fasa alfa pada hasil coran memiliki sifat mekanik yang mampu meningkatkan kekerasan. Diameter atom Cu hampir sama dengan diameter atom Zn, artinya logam Zn akan membentuk ikatan dengan seng dengan cara substitusi membentuk senyawa baru. Pembentukan senyawa intermetalik dan fase logam yang berbeda dapat mengurangi dislokasi dalam struktur logam akibatnya ketika logam diberi tekanan, maka logam akan mampu menahan beban lebih kuat jika dibandingkan dengan logam tembaga murni.

D. Pengamatan Struktur Mikro

Struktur mikro diamati dengan menggunakan mikroskop dengan metode *Brightfield* sehingga permukaan yang tegak lurus arah lensa akan berwarna cerah, sedangkan permukaan yang tidak tegak lurus akan berwarna gelap.

Struktur mikro paduan Cu-Zn dengan variasi komposisi seng dapat dilihat pada Gambar 4. Struktur mikro pada

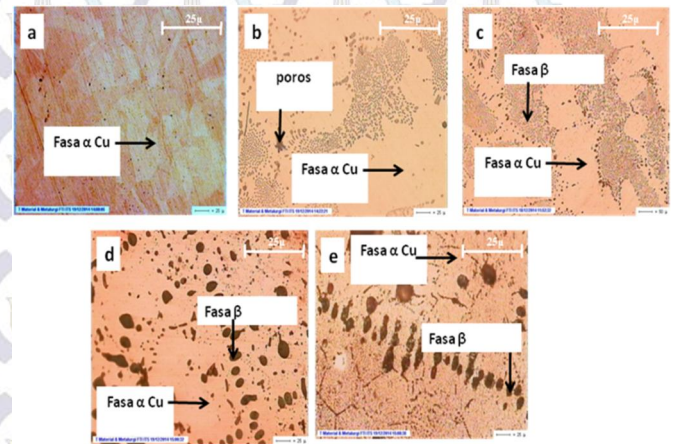
Gambar 4 menunjukkan bahwa dengan setiap kenaikan komposisi seng pada paduan tembaga-seng akan membentuk morfologi struktur mikro yang berbeda. Dari gambar **a** terlihat jelas bahwa hasil metalografi tembaga murni menghasilkan fase alfa (α). Fase ini memiliki mempunyai striktur *fcc* yang memiliki sifat yang lebih ulet dan kekerasannya lebih rendah. Selain itu struktur ini memiliki sifat yang lunak dan *formability* yang baik. Untuk semua fase tunggal paduan alfa (α), pembekuan dimulai dengan pembentukan dendrit ketika mulai proses pendinginan di bawah temperatur likuidus. Seiring menurunnya temperatur maka morfologi struktur mikro akan mengalami perubahan.

Pada gambar **b** Cu-32% Zn terdapat poros yang terbentuk setelah proses pendinginan pada hasil pengecoran. Fasa yang terbentuk adalah fasa α . Pada perbesaran 200 kali fase α ditunjukkan dengan warna yang lebih cerah, sedangkan poros ditunjukkan dengan bentuk lubang hitam pada permukaan spesimen. Fase α memiliki struktur kristal *fcc* dimana sifatnya adalah lunak. Poros yang terbentuk hanya sedikit dan terletak hanya pada titik tertentu.

Pada komposisi paduan Cu-34% Zn (gambar **c**) fase yang muncul adalah alfa dan beta. Pada gambar ini jumlah fase α terlihat sedikit mengalami penurunan sedangkan fase β mengalami peningkatan. Komposisi seng yang meningkat pada diagram Cu-Zn akan mengurangi daerah yang membentuk fase α dan sebaliknya dengan fase β akan mengalami sedikit peningkatan. Struktur β merupakan fase penguat sehingga paduan ini memiliki nilai kekerasan yang lebih jika dibandingkan dengan komposisi seng yang lebih rendah.

Pada gambar **d** Cu-36% Zn fasa yang muncul adalah fasa α , dan fase β . Namun pada gambar ini akan terlihat perbedaan bahwa terjadi penurunan jumlah fase β sedangkan jumlah fase α mengalami kenaikan. Hasil ini berbanding terbalik dengan hasil sebelumnya. Hal yang mungkin menyebabkan ini terjadi saat pengambilan dan pemotongan spesimen uji, permukaan yang akan dimetalografi memiliki struktur α dan β yang kurang merata akibatnya pada sisi tertentu jumlah α banyak namun ada juga yang persebarannya sedikit. Pengambilan struktur mikro pada permukaan spesimen yang lebih lebar dan pada banyak sisi akan memungkinkan mendapatkan hasil yang lebih baik. Hasil identifikasi fasa dari beberapa foto struktur dapat dibandingkan untuk menentukan perbedaan yang muncul pada spesimen uji.

Pada komposisi paduan Cu-38% Zn gambar **b** terlihat jelas fasa yang terbentuk adalah masih fasa α , dan fasa β . Dari gambar di atas dapat diidentifikasi perbedaan struktur mikro jika dibandingkan dengan paduan dengan komposisi seng yang lebih rendah. Jumlah fase β mengalami peningkatan dan fase α mengalami. Fase β yang muncul semakin banyak dan mulai tersebar pada struktur mikro paduan. Pada kondisi ini sifat kekerasan dari paduan akan mengalami peningkatan seiring semakin banyaknya pertumbuhan butir fase β . Jumlah β yang semakin banyak akan mempengaruhi sifat kekerasan spesimen. Dari hasil nilai kekerasan sebelumnya terbukti pada komposisi 38% Zn memiliki nilai kekerasan tertinggi.



Gambar 4. Struktur Mikro Paduan (a) Cu -0% Zn (b) Cu -32% Zn (c) Cu -34% Zn (d) Cu -36% Zn (e) Cu -38% Zn perbesaran 200x

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah Penambahan Seng pada paduan Cu-Zn dapat mempengaruhi bentuk morfologi struktur mikro, seiring bertambahnya persen berat seng maka fasa alfa akan mengalami penurunan. Penambahan seng pada paduan Cu-Zn dapat meningkatkan nilai kekerasan. Nilai rata-rata kekerasan tertinggi terdapat pada hasil coran dengan 38 wt% Zn yaitu 66 HRB, sedangkan nilai terendah terdapat pada hasil coran dengan 0 wt% Zn yaitu 52,2 HRB

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daryanto. 2010, "Proses Pengolahan Besi dan Baja (Ilmu Metalurgi)". Sarana Tutorial Nurani, Bandung.
- [2] _____. 1990. *ASM Handbook Volume 2: Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*. ASM International Handbook Committee.
- [3] Wibisono, Mirza., 2009. "Studi Pengaruh Temperatur dan waktu pemanasan proses anil cepat terhadap besar butir, mampu bentuk pelat, difraksi sinar x dan kekasaran pelat kuningan 70/30". Teknik Metalurgi dan Material UI.
- [4] Astika, I Made., 2010. "Pengaruh Jenis Pasir Cetak dengan Zat Pengikat Bentonit Terhadap Sifat Permeabilitas dan Kekuatan Tekan Basah Cetakan Pasir (*Sand Casting*)". Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana.
- [5] Callister, William D. 1993. "*Materials Science and Engineering*", 8rd edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Nugroho, Untung. 2010. "Pengaruh Kandungan Karbon Pada Kekerasan Coran Kuningan". Universitas Gunadarma
- [7] Davis, J.R., 2001. *Understanding the Basic Alloying*. ASM International. United States of America.